

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-332280

(43)公開日 平成7年(1995)12月22日

(51)Int.Cl.⁶

F 0 4 D 15/00

識別記号

D
C

片内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平6-131574

(22)出願日 平成6年(1994)6月14日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000153443

株式会社日立情報制御システム

茨城県日立市大みか町5丁目2番1号

(72)発明者 寺本 智夫

茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株

式会社日立情報制御システム内

(72)発明者 武石 雄三

茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株

式会社日立情報制御システム内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ポンプの運転台数制御装置及び制御方法

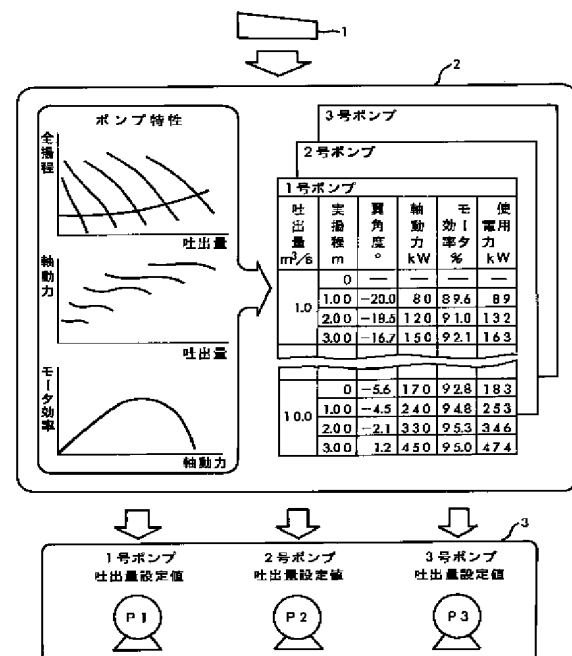
(57)【要約】

【目的】可動翼ポンプを複数台所有するポンプ場において、設定された総吐出量を満足し使用電力の少ないポンプ運転方法を提供する。

【構成】複数台あるポンプの夫々について吐出量と実揚程と使用電力との関係を予め求めておき、総吐出量の設定値を満足する運転ポンプの全組み合わせを前記予め求めておいた関係を基にして求め、そのなかから使用電力が最小となるポンプの組み合わせを抽出する。

【効果】ポンプ場にて目標とする総吐出量でポンプを運転する場合に、ポンプを運転するために必要な電力を最小限に抑えるので、経済的な運転ができる。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】翼角度が変えられる可動翼を有するモータ掛可動翼ポンプを複数台備えたポンプ設備のポンプ運転台数制御装置であって、前記複数台あるポンプの夫々について予め求めた吐出量と実揚程と使用電力との関係に基づいて、総吐出量の設定値を満足し使用電力が最小となる運転ポンプの組み合わせと各ポンプの吐出量の配分を決定する手段を備えたことを特徴とするポンプの運転台数制御装置。

【請求項2】可動翼の翼角度が変えられるモータ掛可動翼ポンプを複数台備えたポンプ設備のポンプ運転台数制御装置であって、前記複数台あるポンプの夫々について吐出量と実揚程と使用電力との関係を予め保存しておく記憶手段と、総吐出量の設定値を取り込み前記記憶手段に保存しておいた各ポンプの吐出量と実揚程と使用電力との関係から該総吐出量を満足する運転ポンプの組み合わせを求めてそのなかから使用電力が最小となる運転ポンプの組み合わせと各ポンプの吐出量を出力するポンプ吐出量設定手段とを備えたことを特徴とするポンプの運転台数制御装置。

【請求項3】可動翼の翼角度を調整できるモータ掛可動翼ポンプを複数台備えたポンプ設備のポンプ運転台数を総吐出量の設定値に応じて制御する方法において、前記複数台あるポンプの夫々について吐出量と実揚程と使用電力との関係を予め求めておき、総吐出量の設定値を満足する運転ポンプの全組み合わせを前記予め求めておいた関係から求め、そのなかから使用電力が最小となる運転ポンプの組み合わせと各ポンプの吐出量を設定することを特徴とするポンプの運転台数制御方法。

【請求項4】請求項3において、前記各ポンプについて、全揚程と吐出量との関係、軸動力と吐出量との関係及びモータ効率と軸動力との関係を求めて、これらのポンプ特性に基づき各ポンプの各運転点での使用電力を求めるようにしたことを特徴とするポンプの運転台数制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、翼角度が変えられる可動翼を備えたモータ掛可動翼ポンプを複数台所有するポンプ場或いは排水機場等のポンプ設備において、総吐出量の設定値に応じてポンプの運転台数を制御する装置及び制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】翼角度を変えることができる可動翼を備えたモータ掛可動翼ポンプにおいては、その翼角度を調整することにより吐出量が変わるので、目標とする吐出量でポンプを運転することができる。

【0003】ポンプ場或いは排水機場等のポンプ設備には、このような可動翼ポンプが複数台あり、目標とする総吐出量がある場合、運転するポンプの選択とそれぞれ

のポンプの吐出量の配分は、ポンプ場の操作員の判断にまかされている。

【0004】なお、ポンプの運転台数を制御する従来技術としては、特開平5-18390号公報或いは特開昭58-93974号公報に示すものがあるが、本発明とは関連性がない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】目標とする総吐出量を満足する運転ポンプの組み合わせと吐出量の配分には、幾通りもの組み合わせがある。例えば最大 $10\text{ m}^3/\text{s}$ 吐き出すことのできる可動翼ポンプを2台所有するポンプ場において、総吐出量 $8\text{ m}^3/\text{s}$ で運転する場合には、1号ポンプのみを運転して $8\text{ m}^3/\text{s}$ 流す運転方法、2台とも運転して各々 $4\text{ m}^3/\text{s}$ ずつ流す運転方法等の様々な対応がとれる。

【0006】従来、これらの判断は操作員にまかされているが、その判断に特別な基準はなく、ほとんど経験により決定している。ところが、同じ総吐出量で運転するにしても、その運転方法によっては非効率的な運転となる。

【0007】ここで言う非効率的な運転とは、同じ出力を行うのに必要とするエネルギーが大きい運転のことである。ポンプがモータ掛の場合、ポンプを駆動するモータに使用する電力が運転方法により異なるので、非効率的な運転を行うと使用電力が多くなり、効率的な運転を行うと使用電力が少なくて済む。つまり、先に示した例によると、同じ総吐出量 $8\text{ m}^3/\text{s}$ で運転する場合でも、1号ポンプのみを $8\text{ m}^3/\text{s}$ で運転する方法と、2台とも各々 $4\text{ m}^3/\text{s}$ で運転する方法とでは、使用する電力が異なるということである。

【0008】本発明の目的は、モータ掛可動翼ポンプを複数台所有するポンプ設備において、総吐出量を満足し、使用電力を最小とする運転方法を見つけ、運転するポンプを制御することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、複数台あるポンプの夫々について吐出量と実揚程と使用電力との関係を予め求めておき、それに基づいて総吐出量の設定値を満足する運転ポンプの組み合わせを全数求めて、使用電力が最小となる運転ポンプの組み合わせと各ポンプの吐出量の配分を設定することにある。

【0010】本発明のポンプ運転台数制御装置は、複数台あるポンプの夫々について吐出量と実揚程と使用電力との関係を予め保存しておく記憶手段と、総吐出量の設定値を取り込み前記記憶手段に保存しておいた各ポンプの吐出量と実揚程と使用電力との関係から該総吐出量を満足するポンプの運転組み合わせを求めて使用電力が最小となる運転ポンプの組み合わせと各ポンプの吐出量を出力するポンプ吐出量設定手段とを備える。

【0011】本発明においては、各ポンプについて、全

揚程と吐出量との関係、軸動力と吐出量との関係及びモータ効率と軸動力との関係を求めて、これらのポンプ特性に基づき各ポンプの各運転点での使用電力を求めることが望ましい。

【0012】

【作用】全揚程と吐出量との関係、軸動力と吐出量との関係及びモータ効率と軸動力との関係を求めることにより、モータ掛可動翼ポンプの各運転点での使用電力を算出することができる。ここで、運転点とは、各ポンプの吐出量の配分をいう。ポンプ場に設置されたモータ掛可動翼ポンプの全台数について、全ての運転点での使用電力を求めることにより、そのポンプ場におけるどのような運転方法についても、それに必要な電力を算出することができる。

【0013】これにより、設定された総吐出量を満足し使用電力を最小にすることができる運転ポンプの組み合わせと各ポンプの吐出量配分を、容易に求めることができる。

【0014】

【実施例】以下本発明の一実施例を、図面を参照して説明する。

【0015】図1は本発明によるポンプの運転台数制御装置を簡単に示す説明図である。この制御装置は、総吐出量設定値を取り込む入力手段1と、複数台あるポンプの夫々について吐出量と実揚程と使用電力との関係を予め保存しておく記憶手段2と、総吐出量を満足する運転ポンプの全組み合わせを求めてそのなかから使用電力が最小となる運転ポンプの組み合わせと各ポンプの吐出量を出力するポンプ吐出量設定手段3とからなる。

【0016】与えられた総吐出量設定値を、複数台ある各々のポンプに対し、使用する電力が最小となるように配分するのが本発明のねらいである。そこで、まずモータ掛可動翼ポンプの使用電力の算出方法について説明する。

【0017】ポンプの使用電力は、ポンプ特性を示す曲線群を使用して、算出することができる。

【0018】図2は、全揚程と吐出量との関係を示した全揚程－吐出量曲線図である。曲線201～206は、翼角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ に対する全揚程と吐出量との関係を表している。又、曲線208～210は抵抗曲線と呼ばれ、実揚程 $H_a \sim H_c$ に対するポンプの吐出時の抵抗と吐出量との関係を表す曲線である。ここで言う実揚程とは、ポンプの吐出側と吸込側の水位差であり、その水位差が大きい程、吐出するのに要するエネルギーが必要となるので、吐出量は小さくなる。又、全揚程とは、実揚程に吐出時の抵抗を加えたもので、ポンプが水を吐出するための全エネルギーを示す。

【0019】従って、実揚程 H_b 、翼角度 θ_0 のときのポンプの運転点はOで示す点であり、そのときの吐出量は Q_0 である。翼角度を $\theta_1 \sim \theta_6$ の間で変化させるこ

とにより、実揚程 H_b のときのポンプの運転点は曲線209上を移動する。ここで最小翼角度を θ_1 、最大翼角度を θ_6 、最小実揚程を H_a 、最大実揚程を H_c とすると、ポンプの運転範囲は、曲線201、曲線206、曲線208及び曲線210で囲まれた斜線で示す範囲となる。

【0020】本発明においては、ポンプの全ての運転点における使用電力を求める必要があるので、図2の斜線内の範囲について、実揚程と吐出量を少しずつ変え、ポンプの運転点を移動させながらその運転点での使用電力を求めていく。ここでは、図2上の運転点Oについての使用電力を求めるものとし、以下説明する。

【0021】まず、運転点Oにおけるポンプの翼角度 θ_0 を求める。図2において、翼角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ についてはポンプの工場における性能試験時、JIS B 8301「遠心ポンプ、斜流ポンプ及び軸流ポンプの試験及び検査方法」等に基づき測定され、曲線201～206が求められる。従って、それらは既知の値であるが、運転点Oのときの翼角度 θ_0 は未知の値のため、まずこれを求める必要がある。

【0022】運転点Oは、実揚程 H_b のときの状態の1つである。そこで実揚程 H_b のとき各翼角度での吐出量を、曲線201～206と曲線209の交点を求めることにより算出する。ここで、算出した翼角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ に対する吐出量を、それぞれ $Q_1 \sim Q_6$ とする。横軸に吐出量、縦軸に翼角度をとり、図2で算出した吐出量 $Q_1 \sim Q_6$ と翼角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ の関係を表すと図3となる。折線301は、同一実揚程、つまり図2で示す実揚程 H_b のときの翼角度と吐出量との関係を表す折線である。この折線301を使用して、運転点Oでの翼角度 θ_0 を求めることができる。

【0023】次に、運転点Oでの軸動力を求める。それには、図4に示すポンプの軸動力と吐出量の関係を表す軸動力－吐出量曲線を用いる。図4の曲線401～406は、翼角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ のときの軸動力と吐出量との関係を表している。翼角度 θ_1 のときの吐出量が Q_1 であるので、そのときの軸動力は曲線401と吐出量 Q_1 より、 P_1 であることがわかる。曲線401～406についても、工場における性能試験時に求められるものなので、翼角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ 以外の翼角度のときの軸動力と吐出量との関係は未知である。従って、運転点Oにおける軸動力 P_F も折線近似で求めることになる。翼角度 θ_1 、吐出量 Q_1 のときの軸動力 P_1 、翼角度 θ_2 、吐出量 Q_2 のときの軸動力 P_2 、同様に $P_3 \sim P_6$ を求め、吐出量 $Q_1 \sim Q_6$ 、軸動力 $P_1 \sim P_6$ の交点を結ぶことにより、折線407を作成することができる。この折線407は、翼角度の変化に伴う吐出量と軸動力の関係を表す折線である。この折線407と吐出量 Q_0 により、運転点Oにおける軸動力 P_0 が求められる。

【0024】最後に、運転点Oでの使用電力を求める。

図4にて求めた軸動力 P_0 は、ポンプが翼角度 θ_0 で吐出量 Q_0 を吐出するのに必要な力である。この軸動力 P_0 をポンプに与えるには、モータに対していくらか電力を与えればよいか、それはモータ効率に関係する。軸動力を P 、モータ効率を η 、使用電力を W とすると、これらの関係は次式により表される。

$$【0025】 W = 100 \times P / \eta$$

つまり、モータ効率が100%であれば、軸動力と同量の電力を与えればよいことがわかる。

【0026】ここで、運転点Oにおけるモータ効率が必要になってくる。それは、図5に示すモータ効率と軸動力の関係を表すモータ効率-軸動力曲線により求めることができる。モータ効率と軸動力の関係を表す曲線501と、軸動力 P_0 の交点が、運転点Oにおけるモータ効率 η_0 である。このモータ効率 η_0 と上記式により、運転点Oにおける使用電力 W_0 が算出される。

【0027】以上の方法により、図1の斜線部で示す運*

* 転範囲における全ての運転点について、使用電力を算出する。それをポンプ場の全てのポンプについて行う。ここで一例を用いて説明する。

【0028】最小実揚程0.00m、最大実揚程3.00mのポンプ場があり、下記仕様のポンプが設置されているとする。

【0029】1号ポンプ 最大吐出量10.0m³/s (最大実揚程時)

2号ポンプ 最大吐出量10.0m³/s (最大実揚程時)

3号ポンプ 最大吐出量 5.0m³/s (最大実揚程時)

このポンプ場において、各ポンプの全ての運転点について使用電力を算出したものが表1である。

【0030】

【表1】

表 1

吐出量 (m ³ /s)	実揚程 (m)	1号ポンプ				2号ポンプ				3号ポンプ			
		翼角度 (°)	軸動力 (kW)	モータ効率 (%)	使用電力 (kW)	翼角度 (°)	軸動力 (kW)	モータ効率 (%)	使用電力 (kW)	翼角度 (°)	軸動力 (kW)	モータ効率 (%)	使用電力 (kW)
1.0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	-20.0	30	88.0	34
	1.00	-20.0	80	89.6	89	-20.0	80	89.5	89	-19.3	40	88.8	45
	2.00	-18.5	120	91.0	132	-18.3	110	90.4	122	-18.2	50	89.4	56
	3.00	-16.7	150	92.1	163	-16.6	140	91.6	153	-17.0	60	90.0	67
2.0	0	-18.1	60	88.4	68	-18.0	50	88.0	57	-17.9	50	89.4	56
	1.00	-17.3	90	89.8	100	-17.1	80	89.5	89	-16.8	60	90.0	67
	2.00	-16.4	130	91.3	142	-16.2	120	90.9	132	-15.8	70	90.4	77
	3.00	-15.0	160	92.4	173	-14.9	150	92.0	163	-15.1	85	91.5	93
3.0	0	-16.2	70	89.2	78	-16.1	60	88.3	68	-15.7	65	90.2	72
	1.00	-15.3	100	90.1	111	-15.1	90	89.7	100	-14.8	70	90.4	77
	2.00	-14.6	140	91.7	153	-14.4	130	91.2	143	-13.5	85	91.5	93
	3.00	-13.5	170	92.8	183	-13.3	160	92.3	173	-11.1	120	92.8	129
4.0	0	-14.8	80	89.6	89	-14.6	70	89.1	79	-12.7	75	90.6	83
	1.00	-14.0	110	90.5	122	-13.8	100	90.0	111	-10.8	100	92.0	109
	2.00	-12.7	150	92.1	163	-12.5	140	91.6	152	-9.2	130	93.3	139
	3.00	-11.8	180	93.1	193	-11.6	170	92.7	183	-7.9	165	94.3	175
5.0	0	-13.1	90	89.8	100	-12.9	80	89.5	89	-9.1	100	92.0	109
	1.00	-12.6	130	91.3	142	-12.4	120	90.9	132	-6.3	135	93.5	144
	2.00	-11.9	170	92.8	183	-11.7	160	92.3	173	-3.2	170	94.4	180
	3.00	-9.8	230	94.4	244	-9.6	220	94.0	234	0	210	95.2	221

【0031】ここで1つ注意しておきたいのは、1号ポンプ、2号ポンプの吐出量1.0m³/s、実揚程0mの※50

※欄にデータが入っていないことである。

【0032】これは、最大吐出量10.0m³/sの1号

ポンプ、2号ポンプでは、実揚程0mのときに翼角度を最小翼角度としても、吐出量が $1.0\text{ m}^3/\text{s}$ を越えてしまい、 $1.0\text{ m}^3/\text{s}$ で運転できないことを意味する。つまり、図2の斜線部の範囲を外れているのであり、計算の対象外となる。この表1の計算結果は、ポンプの性能が変わらない限り使用できるので、1度だけ行えばよい。

【0033】このように、ポンプ場における全てのポンプについての全ての運転点の使用電力を求めることによ*

表 2

No.	1号ポンプ		2号ポンプ		3号ポンプ		使用電力合計 (kW)
	吐出量 (m^3/s)	使用電力 (kW)	吐出量 (m^3/s)	使用電力 (kW)	吐出量 (m^3/s)	使用電力 (kW)	
1	0	0	5.0	234	0	0	234
2	0	0	4.0	183	1.0	67	250
3	0	0	3.0	173	2.0	93	266
4	0	0	2.0	163	3.0	129	292
5	0	0	1.0	153	4.0	175	328
6	0	0	0	0	5.0	221	221
7	1.0	163	4.0	183	0	0	346
8	1.0	163	3.0	173	1.0	67	403
9	1.0	163	2.0	163	2.0	93	419
10	1.0	163	1.0	153	3.0	129	445
11	1.0	163	0	0	4.0	175	338
12	2.0	173	3.0	173	0	0	346
13	2.0	173	2.0	163	1.0	67	403
14	2.0	173	1.0	153	2.0	93	419
15	2.0	173	0	0	3.0	129	302
16	3.0	183	2.0	163	0	0	346
17	3.0	183	1.0	153	1.0	67	403
18	3.0	183	0	0	2.0	93	276
19	4.0	193	1.0	153	0	0	346
20	4.0	193	0	0	1.0	67	260
21	5.0	244	0	0	0	0	244

【0036】ここでは全部で21通りの運転パターンが拾い出せる。この表2において、全ポンプの使用電力の合計を全ての運転パターンについて算出する。そして、その使用電力合計が最小となる運転パターンを見つけ出す。表2ではNo. 6の運転パターンが最小であることがわかる。つまり、上記の例に示したポンプ場において、実揚程が3.00mのときに総吐出量設定値を $5\text{ m}^3/\text{s}$ で設定した場合、3号ポンプのみを総吐出量 $5\text{ m}^3/\text{s}$ で運転すると使用電力を最小に抑えることができる。

【0037】従って、このような場合には、3号ポンプを運転し、表1により翼角度を 0° にするように制御を行う。

【0038】以上説明した手順に従い、使用電力を算出※50

※り、最小使用電力の運転パターンを見つけ出すことができる。

【0034】上記の例に示したポンプ場において、実揚程が3.00mのときに操作員が総吐出量を $5\text{ m}^3/\text{s}$ と設定した場合、その総吐出量設定を満足する運転パターンを全て拾い出すと、表2に示す通りとなる。

【0035】

【表2】

※し、設定された総吐出量を満足する運転パターンの中から使用電力が最小となる運転方法を検索し、制御することで、使用電力を最小とする運転が行える。

【0039】なお、表1は説明の便宜上おおまかな運転点の取り方をしているが、実際に制御する上では、吐出量、実揚程ともにもっと細かな単位で変化させ計算しておくことが望ましい。そうすることにより、より実際の運転に近い運転点での使用電力が得られ、最適な運転方法を見つけ出すことができる。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、モータ掛可動翼ポンプを複数台所有するポンプ場において、そのときの水位及び設定された総吐出量に合った運転パターンの中から、使用電力を最小とする運転ポンプの組み

合わせと吐出量の配分を見つけ出し制御するので、操作員に意識させることなくポンプ場の運用費（電気料金）を節減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるポンプ運転台数制御装置を示す説明図。

【図2】全揚程－吐出量曲線図。

【図3】同一実揚程での翼角度と吐出量との関係を表す折線図。

【図4】軸動力－吐出量曲線図。

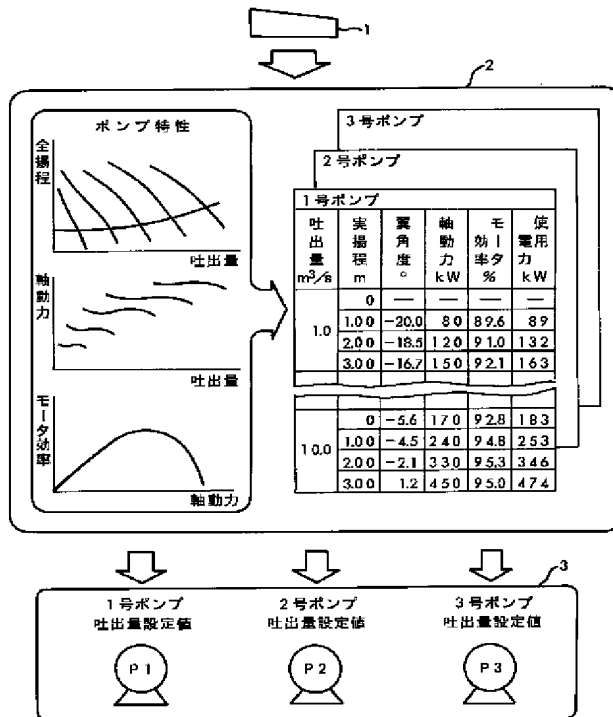
【図5】モータ効率－軸動力曲線図。

【符号の説明】

1…入力手段、2…記憶手段、3…ポンプ吐出量設定手段。

【図1】

図 1



【図2】

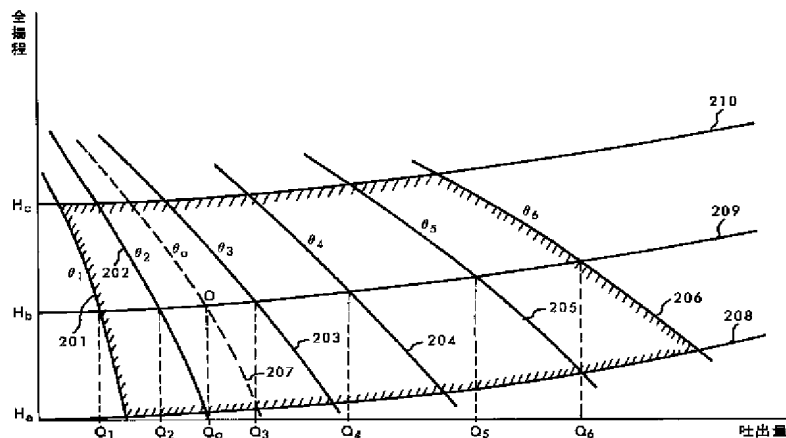
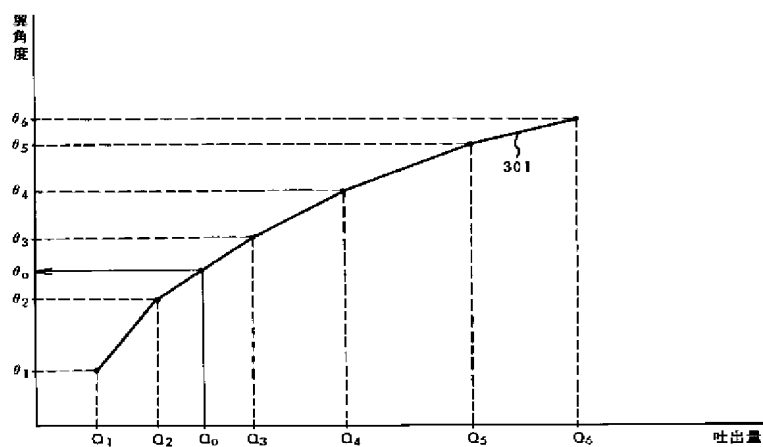
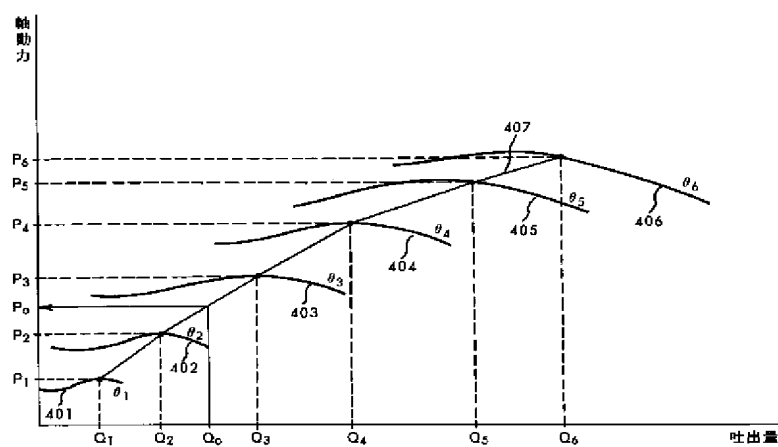


図 2

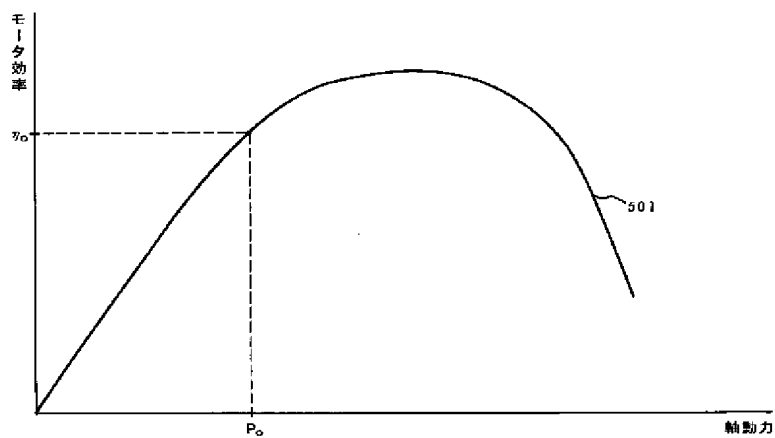
【図3】

図
3

【図4】

図
4

【図5】

図
5

フロントページの続き

(72)発明者 信友 義弘

茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 1 号 株
式会社日立製作所大みか工場内

PAT-NO: JP407332280A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07332280 A
TITLE: OPERATING NUMBER CONTROL
DEVICE FOR PUMP AND CONTROL
METHOD
PUBN-DATE: December 22, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TERAMOTO, TOMOO	
TAKEISHI, YUZO	
NOBUTOMO, YOSHIHIRO	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD	N/A
HITACHI INF & CONTROL SYST INC	N/A

APPL-NO: JP06131574
APPL-DATE: June 14, 1994

INT-CL (IPC): F04D015/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To control pumps to be operated by previously obtaining the relation of discharge, actual head and service power, on each of plural pumps, and on the basis of this, setting the

combination of operated pumps and the distribution of discharge of each pump so as to have the minimum service power while satisfying the total discharge set value.

CONSTITUTION: A control device is formed of an input means 1 for taking in the total discharge set value, a storage means 2 prestored with the relation of discharge, actual head and service power on each of plural pumps, and a pump discharge setting means 3 for obtaining all the combinations of operated pumps to satisfy the total discharge and outputting the combination of operating pumps to have the minimum service power out of the obtained combinations and the discharge of each pump. An operating pattern with the minimum service power can be found by obtaining service power at all the operating points on all the pumps in a pumping place. The operating cost (electricity rate) of the pumping place can be thereby economized without making an operator conscious.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO